



(11) **EP 0 932 006 A1**

(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:  
**28.07.1999 Bulletin 1999/30**

(51) Int Cl.<sup>6</sup>: **F25J 3/04, C21B 5/00**

(21) Numéro de dépôt: **99400150.1**

(22) Date de dépôt: **22.01.1999**

(84) Etats contractants désignés:  
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU**  
**MC NL PT SE**  
 Etats d'extension désignés:  
**AL LT LV MK RO SI**

(72) Inventeur: **Gullard, Alain**  
**75016 Paris (FR)**

(74) Mandataire: **Le Moenner, Gabriel et al**  
**L'Air Liquide S.A.,**  
**DSPI,**  
**Service Brevets et Marques,**  
**75 Qual d'Orsay**  
**75321 Paris Cedex 07 (FR)**

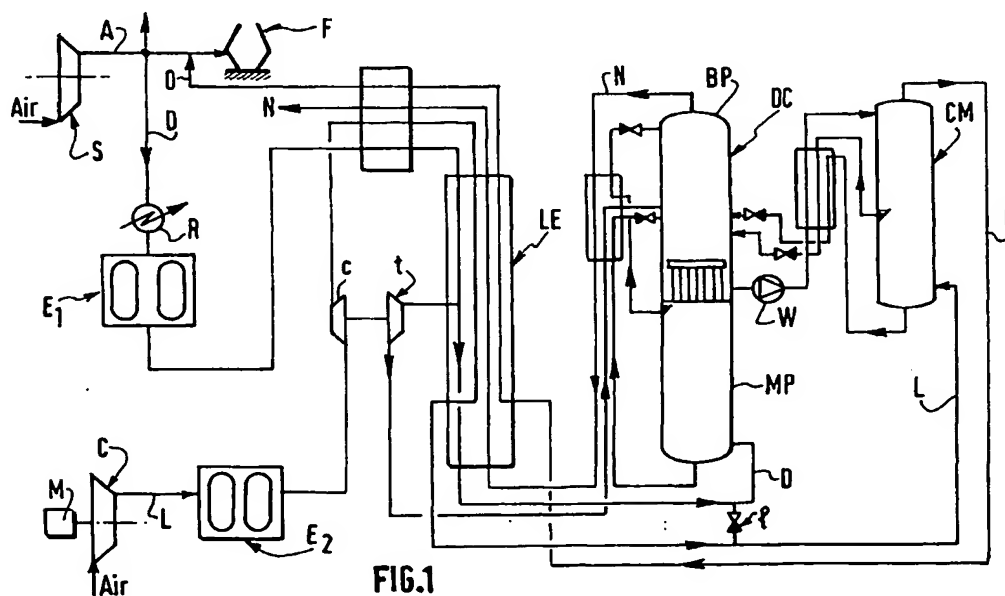
(30) Priorité: **23.01.1998 FR 9800722**

(71) Demandeur: **L'AIR LIQUIDE, SOCIETE ANONYME**  
**POUR**  
**L'ETUDE ET L'EXPLOITATION DES PROCEDES**  
**GEORGES CLAUDE**  
**75007 Paris (FR)**

(54) **Installation combinée d'un four et d'un appareil de distillation d'air et procédé de mise en oeuvre**

(57) L'installation combinée comprend au moins un four (F), au moins un appareil de distillation d'air comportant au moins une colonne moyenne pression (MP) et une colonne de mélange (CM) ayant une ligne de sortie d'oxygène (O) pour fourniture au four (F), au moins

une soufflante (S) alimentant au moins le four (F) et la colonne moyenne pression (MP), et au moins un compresseur d'air (C) fournissant à au moins la colonne de mélange (CM) de l'air sous une pression supérieure à la pression de l'air fourni par la soufflante (S)



**FIG.1**

## Description

[0001] La présente invention concerne des installations combinées comprenant au moins un four, typiquement un four de traitement de métal, alimenté en air comprimé, et au moins un appareil de distillation d'air produisant de l'oxygène pour enrichir l'air fourni au four, ainsi que les procédés de mise en oeuvre de telles installations combinées.

[0002] Pour enrichir en oxygène un flux d'air, la production d'oxygène de haute pureté n'est pas requise et l'utilisation d'un appareil de distillation comportant une colonne de mélange, tel que décrit dans le document US-A-4 022 030 (Brugerolle) convient. Des installations combinées d'un haut fourneau et d'un appareil de distillation d'air comprenant une telle colonne de mélange sont décrites par exemple dans les documents US-A-5 244 489 (Grenier) et EP-A-0 531 182 au nom de la demanderesse. Les approches suivies dans ces deux documents sont toutefois opposées : dans le document US-A-5 244 489, l'appareil de distillation est entièrement alimenté en air par une dérivation du vent d'une soufflante de haut fourneau et la part du flux d'air fournie à la colonne de mélange est légèrement surpressée par un surpresseur entraîné par une turbine de maintien en froid détendant la part du flux d'air adressée à la colonne moyenne pression, dans un agencement imposant, pour effectuer ladite surpression, de turbiner une part importante de l'air d'alimentation de la colonne moyenne pression occasionnant des pertes de rendement d'extraction et d'énergie ainsi que des surdimensionnements des postes de réfrigération et d'épuration de l'air d'alimentation de l'appareil de distillation. A l'opposé, le document EP-A-0 531 182 prévoit une séparation complète des alimentations en air a) du haut fourneau, b) de la colonne moyenne pression et c) de la colonne de mélange mettant en oeuvre des moyens de compression distincts pour, notamment, permettre la production, dans la colonne de mélange, d'oxygène pur à des pressions élevées ou basses, dans un agencement onéreux en matière d'investissement et d'exploitation de machines tournantes et n'envisageant aucune synergie entre ces dernières.

[0003] La présente invention a pour objet de proposer une installation combinée et un procédé de mise en oeuvre d'une telle installation combinée à intégration extrêmement poussée et permettant des coûts d'exploitation notablement réduits tout en offrant une flexibilité dans la sélection des plages de fonctionnement.

[0004] Pour ce faire, selon une caractéristique de l'invention, le procédé de mise en oeuvre d'une installation combinée est du type comprenant au moins un four alimenté en air par au moins une soufflante fournissant de l'air à une première pression  $P_1$  et en oxygène par au moins un appareil de distillation d'air comprenant au moins une colonne moyenne pression alimentée en air au moins partiellement par la soufflante du four, et une colonne de mélange fournissant l'oxygène au four, et

dans lequel la colonne de mélange est alimentée en air par un compresseur fournissant de l'air à une pression  $P_2$  supérieure à  $P_1$ .

[0005] Selon une caractéristique particulière de l'invention, la colonne moyenne pression est alimentée uniquement par de l'air comprimé fourni par la soufflante du four.

[0006] Selon une autre caractéristique de l'invention, la colonne moyenne pression est alimentée également par de l'air comprimé fourni par au moins un étage de compresseur sur une même ligne d'arbre que le compresseur alimentant la colonne de mélange.

[0007] La présente invention a également pour objet une installation combinée comprenant au moins un four, au moins une soufflante débitant dans une ligne d'air comprimé principale reliée au four, au moins un appareil de distillation d'air comportant au moins une colonne moyenne pression et une colonne de mélange ayant une ligne de sortie d'oxygène débouchant dans une partie aval de la ligne d'air comprimé principale, une ligne de dérivation depuis la ligne d'air comprimé principale fournissant l'air à au moins la colonne moyenne pression, et au moins un compresseur d'air fournissant de l'air sous pression à au moins la colonne de mélange.

[0008] Selon l'invention, l'appareil de distillation exploite une partie du débit d'air de la soufflante dérivable en raison de la réinjection ultérieure d'oxygène dans ce débit d'air tout en exploitant au mieux les possibilités offertes par la colonne de mélange en sélectionnant par le choix du compresseur - et de la pompe de liquide inter-colonnes - la pression optimale d'oxygène pour réinjection dans le vent de la soufflante.

[0009] D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention ressortiront de la description suivante de modes de réalisation, donnée à titre illustratif mais nullement limitatif, faite en relation avec les dessins annexés, sur lesquels :

les figures 1 et 2 sont deux modes de réalisation d'une installation combinée selon l'invention.

[0010] Dans la description qui va suivre et sur les dessins, les éléments identiques ou analogues portent les mêmes chiffres de référence, éventuellement indicés.

[0011] Sur les figures, on a représenté schématiquement un four de traitement de métal, en l'occurrence un haut fourneau F, et un appareil de distillation d'air associé comprenant essentiellement, dans les exemples représentés, une ligne d'échange principale LE, une double colonne DC avec une colonne moyenne pression MP et une colonne basse pression BP, et une colonne de mélange CM.

[0012] Le four F est alimenté en air par une soufflante S débitant dans une ligne d'air comprimé principale A un fort volume d'air (supérieur typiquement à 100 000 Nm<sup>3</sup>/h) sous une moyenne pression  $P_1$  n'excédant pas 5,8 x 10<sup>5</sup> Pa, typiquement entre 3 x 10<sup>5</sup> Pa et 5,5 x 10<sup>5</sup> Pa. La ligne A peut également alimenter, en simultané ou en alterné, un autre four de traitement de métal, par exemple un four électrique avec le procédé AOD.

[0013] Selon l'invention, la colonne moyenne pression MP est alimentée, en cuve, en air sensiblement à la pression  $P_1$  de fourniture de la soufflante F par une ligne D dérivée de la ligne principale A et traversant successivement un appareil de refroidissement R, un appareil d'épuration  $E_1$ , typiquement du type à adsorption, puis la ligne d'échange principale LE. La colonne de mélange CM est, pour sa part, alimentée en cuve, en air sous une pression  $P_2$  par une ligne L alimentée en air sous pression par un compresseur dédié C entraîné par un moteur M, l'air fourni par ce compresseur C étant épuré dans un second appareil d'épuration  $E_2$ , également typiquement du type à adsorption, avant de traverser la ligne d'échange LE.

[0014] De façon classique, du sommet de la colonne basse pression BP part une ligne N d'azote gazeux de moyenne pureté et de la tête de la colonne de mélange CM part une ligne O d'oxygène moyenne pureté qui, selon l'invention, après traversée de la ligne d'échange LE, débouche dans la ligne d'air comprimé principale A en amont du four F pour enrichir en oxygène l'air fourni à ce dernier. Une pompe W comprime l'oxygène liquide prélevé en cuve de la colonne basse pression BP et envoyé en tête de la colonne de mélange CM sensiblement à la pression  $P_2$  de l'air admis par la ligne L dans la colonne de mélange CM.

[0015] La pression  $P_2$  est choisie légèrement supérieure à la pression  $P_1$  dans la ligne A pour tenir compte des pertes de charge dans l'appareil de distillation d'air, dans les dispositifs de mélange air chaud/oxygène en aval de la ligne A et pour optimiser la régulation de cette injection d'oxygène. Typiquement,  $P_2 - P_1$  est compris entre  $0,3 \times 10^5$  Pa et  $4 \times 10^5$  Pa, avantageusement entre  $0,5 \times 10^5$  Pa et  $1,5 \times 10^5$  Pa.

[0016] Dans le mode de réalisation de la figure 1 une partie du flux d'air dans la ligne D est dérivée vers la colonne basse pression BP en étant turbinée dans une turbine  $\underline{t}$  servant notamment au maintien en froid de l'appareil. Le moteur M d'entraînement du compresseur C alimentant la colonne de mélange CM est par exemple un moteur électrique exploitant avantageusement l'énergie électrique produite sur site par une installation de cogénération, ou une turbine exploitant un fluide sous pression disponible sur le site. La turbine  $\underline{t}$  est avantageusement couplée à un surpresseur  $\underline{c}$  pour surpresser un fluide comprimé de l'installation, typiquement le flux d'air épuré dans la ligne L, afin d'optimiser l'investissement pour le compresseur dédié C et/ou la puissance fournie par le moteur M. Egalement avantageusement, pour atténuer les conséquences d'éventuelles variations de flux disponible à partir de la soufflante S, on prévoit une ligne  $\underline{j}$ , munie d'un organe de détente, entre les parties aval des lignes D et L pour adresser, au moins temporairement, une partie du flux dans la ligne L vers la colonne moyenne pression MP en complétant ainsi le flux prélevé dans la ligne A de la soufflante.

[0017] Dans le mode de réalisation de la figure 2, le

compresseur C débitant dans la ligne L comprime un flux d'air dérivé, dans une ligne de dérivation B, de la ligne D d'alimentation de la colonne moyenne pression MP, en aval de l'appareil d'épuration  $E_1$ . Pour pallier le flux d'air ainsi prélevé dans la ligne D, un flux d'air additionnel, sensiblement à la pression  $P_1$ , est introduit dans cette ligne D, en amont de l'appareil de refroidissement R, par une ligne G provenant d'un étage amont (ici deuxième étage  $EC_2$ ) d'une ligne de compresseurs GC sur la même ligne d'arbre duquel est monté le compresseur C alimentant la colonne de mélange CM. Comme représenté sur la figure 2, la ligne de compresseur  $EC_1 - C$  est avantageusement entraîné par une turbine T détenteant un fluide sous pression  $F_1$  disponible sur le site, typiquement de la vapeur d'eau.

[0018] Dans le mode de réalisation de la figure 2, la pression en sortie du compresseur C pouvant être choisie supérieure à la pression requise  $P_2$  pour la colonne de mélange, l'air en sortie de ce compresseur C peut être turbiné jusqu'à la pression  $P_2$  dans la turbine  $\underline{t}$  qui peut ainsi être exploitée pour entraîner un surpresseur  $\underline{c}$  servant à surpresser l'un des fluides entrant ou sortant de l'appareil de distillation, par exemple, comme représenté sur la figure 2, l'azote impur dans la ligne N pour aider à la valorisation de cet azote impur, par exemple en l'introduisant comme ballast dans la chambre de combustion d'un groupe de turbine à gaz exploitant un gaz combustible transformé d'un gaz résiduaire du four F.

[0019] Quoique la présente invention ait été décrite en relation avec des modes de réalisation particuliers, elle ne s'en trouve pas limitée mais est au contraire susceptible de modifications et de variantes qui apparaîtront à l'homme de l'art et demeureront dans le cadre des revendications ci-après.

#### Revendications

1. Procédé de mise en oeuvre d'une installation combinée comprenant au moins un four (F) alimenté en air par au moins une soufflante (S) fournissant de l'air à une première pression  $P_1$  et en oxygène par au moins un appareil de distillation d'air comprenant au moins une colonne moyenne pression (MP) alimentée en air au moins partiellement par la soufflante du four, et une colonne de mélange (CM) fournissant l'oxygène au four, dans lequel la colonne de mélange est alimentée en air à une pression  $P_2$  supérieure à  $P_1$  par un compresseur (C).
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la pression  $P_1$  n'excède pas  $5,8 \times 10^5$  Pa.
3. Procédé selon la revendication 1 ou la revendication 2, caractérisé en ce que  $P_2 - P_1$  est supérieur à  $0,3 \times 10^5$  Pa.

4. Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce que  $P_2 - P_1$  n'excède pas  $4 \times 10^5$  Pa.
5. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la colonne moyenne pression (MP) est alimentée uniquement par de l'air comprimé fourni par la soufflante (S).
6. Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que la colonne moyenne pression (MP) est alimentée également par de l'air comprimé fourni par au moins un étage ( $EC_i$ ) de compresseur sur une même ligne d'arbre que ledit compresseur (C).
7. Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce que le compresseur (C) comprime un flux d'air dérivé du flux d'alimentation de la colonne moyenne pression (MP).
8. Procédé selon l'une des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que le compresseur (C) est entraîné par détente (T) d'au moins un fluide sous pression ( $F_i$ ) disponible sur site.
9. Procédé selon l'une des revendications 1 à 8, caractérisé en ce qu'une partie (I) du flux d'air à la pression  $P_2$  est détendu et adressé à la colonne MP.
10. Installation combinée comprenant au moins un four (F), au moins une soufflante (S) débitant dans une ligne d'air comprimé principale (A) reliée au moins au four, au moins un appareil de distillation d'air comportant au moins une colonne moyenne pression (MP) et une colonne de mélange (CM) ayant une ligne de sortie d'oxygène (O) débouchant dans la ligne d'air comprimé principale (A), une ligne de dérivation (D) depuis la ligne d'air comprimé principale fournissant l'air au moins à la colonne moyenne pression (MP), et au moins un compresseur d'air (C) fournissant de l'air sous pression à au moins la colonne de mélange (CM).
11. Installation selon la revendication 10, caractérisée en ce qu'elle comprend un appareil d'épuration de l'air ( $E_1$ ) dans la partie amont de la ligne de dérivation (D).
12. Installation selon la revendication 10 ou la revendication 11, caractérisée en ce que le compresseur d'air (C) est alimenté en air ambiant.
13. Installation selon la revendication 11, caractérisée en ce qu'elle comprend un appareil d'épuration d'air additionnel ( $E_2$ ) entre le compresseur d'air (C) et la colonne de mélange (CM).
14. Installation selon la revendication 10 ou la revendication

cation 11, caractérisée en ce que le compresseur d'air (C) est disposé dans une branche (B) de la ligne de dérivation (D).

- 5 15. Installation selon la revendication 14, caractérisée en ce qu'elle comprend un groupe de compression (GC) alimenté en air ambiant et comprenant au moins un étage amont ( $EC_i$ ) et un étage final (C) sur une même ligne d'arbre, l'étage final constituant ledit compresseur d'air et la sortie de l'étage amont étant reliée à la zone amont de la ligne de dérivation (D).

- 10 16. Installation selon l'une des revendications 10 à 15, caractérisée en ce que ledit compresseur d'air (C) est entraîné par une turbine (T) située dans une ligne de fluide sous pression (F).

20

25

30

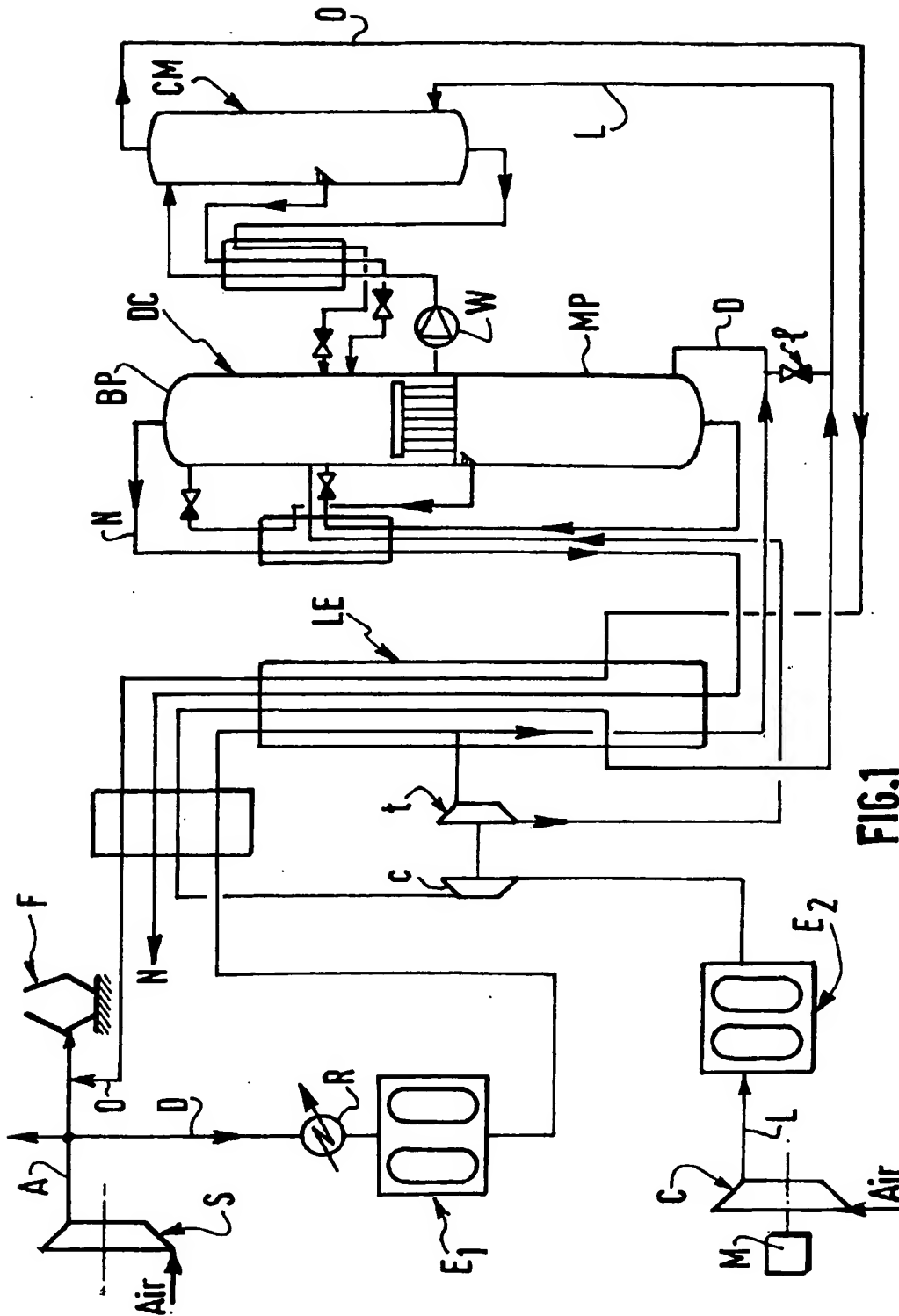
35

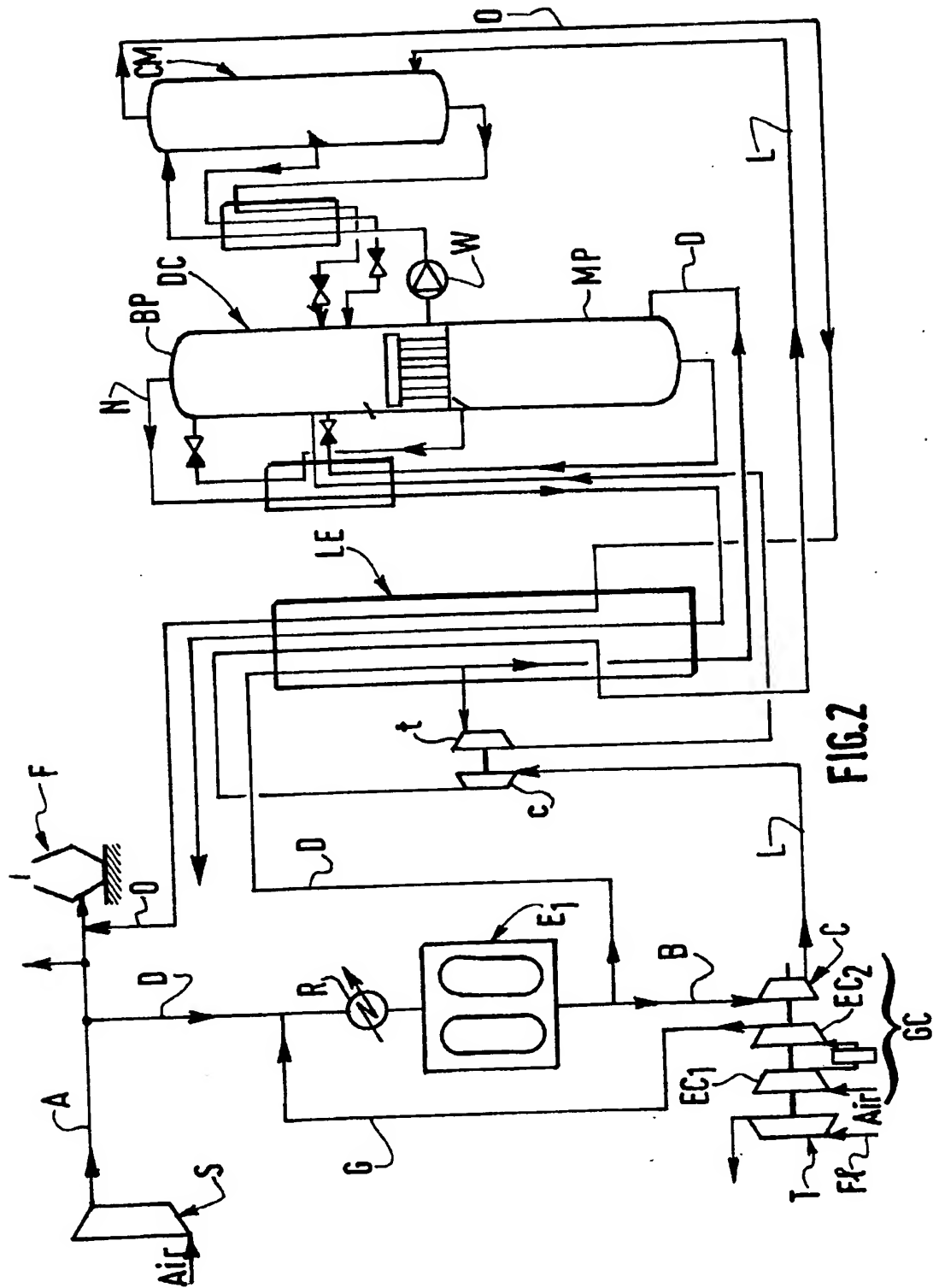
40

45

50

55

**FIG. 1**





Office européen  
des brevets

## RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande  
EP 99 40 0150

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int.Cl.6)
X,D Y	EP 0 531 182 A (AIR LIQUIDE) 10 mars 1993 * revendications; figures *	1-5 6-16	F25J3/04 C21B5/00
Y,D	US 5 244 489 A (GRENIER MAURICE) 14 septembre 1993  * revendications; figures *	7,8, 10-12, 14,16	
Y	EP 0 636 845 A (BOC GROUP PLC) 1 février 1995 * revendications; figure 4 *	6,9,15	
Y	EP 0 717 249 A (BOC GROUP PLC) 19 juin 1996 * revendications; figures *	13	
A,D	US 4 022 030 A (BRUGEROLLE JEAN RENAUD) 10 mai 1977  -----		
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.6)
			F25J C21B
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche <b>LA HAYE</b>		Date d'achèvement de la recherche <b>22 avril 1999</b>	Examineur <b>Meertens, J</b>
<p><b>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</b></p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul  Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie  A : arrière-plan technologique  O : divulgation non-écrite  P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention  E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date  D : cité dans la demande  L : cité pour d'autres raisons  &amp; : membre de la même famille, document correspondant</p>			

EPO FORM 1503 02/92 (P4C02)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 99 40 0150

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.  
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du 22-04-1999.  
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

22-04-1999

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 0531182 A	10-03-1993	FR 2680114 A	12-02-1993
		AU 655485 B	22-12-1994
		AU 2079892 A	11-02-1993
		CA 2075420 A	08-02-1993
		CN 1071000 A	14-04-1993
		DE 69208412 D	28-03-1996
		DE 69208412 T	04-07-1996
		ES 2083709 T	16-04-1996
		US 5291737 A	08-03-1994
US 5244489 A	14-09-1993	FR 2677667 A	18-12-1992
		BE 1006334 A	26-07-1994
		DE 4219160 A	17-12-1992
		JP 5179322 A	20-07-1993
		LU 88132 A	15-03-1993
EP 0636845 A	01-02-1995	US 5715706 A	10-02-1998
EP 0717249 A	19-06-1996	AU 4048995 A	27-06-1996
		US 5609041 A	11-03-1997
		ZA 9510410 A	07-05-1996
US 4022030 A	10-05-1977	FR 2143986 A	09-02-1973
		AU 471345 B	06-09-1973
		AU 3846172 A	06-09-1973
		BE 778812 A	01-08-1972
		CA 964571 A	18-03-1975
		DE 2204376 A	17-08-1972
		FR 2169561 A	07-09-1973
		GB 1387472 A	19-03-1975
		NL 7201234 A	03-08-1972
		ZA 7200578 A	25-10-1972

EPO FORM P440

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82